

Elektrizitätslehre 2.

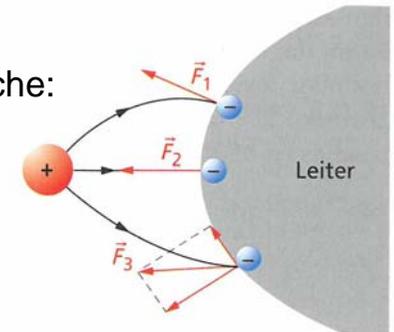


Feldlinien

- beginnen und enden in Ladungen (oder ∞)
- Richtung: von + nach -
- Richtung = Richtung der Kraft (+ Ladung!)
- Dichte d. Feldlinien \sim Grösse der Kraft

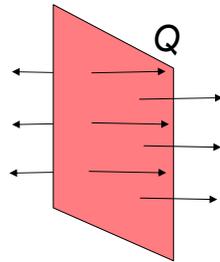
Feldlinien an Leiteroberfläche:
Senkrecht!

Zur Erinnerung

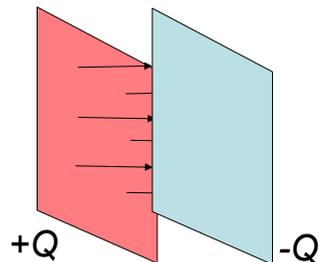


Typische Ladungsanordnungen:

Geladene Ebene

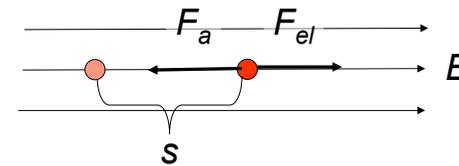


Kondensator
(Homogenes Feld)



Energieumwandlung (Arbeit) im elektrischen Feld

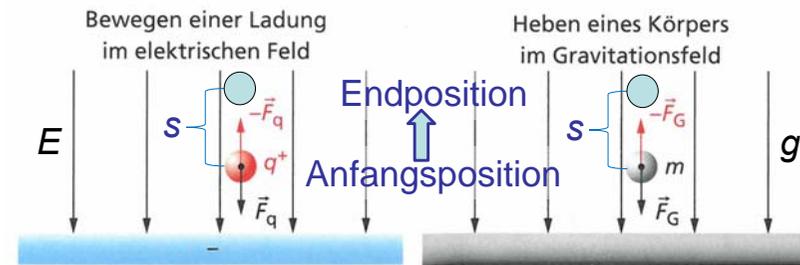
Bewegung einer Ladung gegen die Feldstärke:



$$W = |\vec{F}_a| \cdot s = |\vec{F}_{el}| \cdot s = q|\vec{E}|s = qEs$$

Energieumwandlung (Arbeit) im elektrischen Feld

Bewegung einer Ladung gegen die Feldstärke:

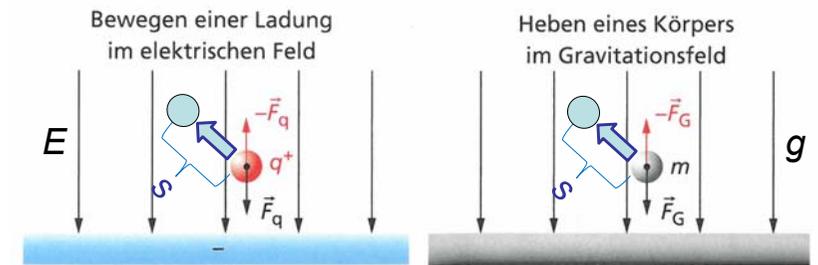


$$W = F_{\text{Hub}} s \quad \vec{F}_{\text{Hub}} = -\vec{F}_q \quad F_{\text{Hub}} = Eq$$

$$W = qEs$$

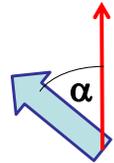
Energieumwandlung (Arbeit) im elektrischen Feld

Bewegung einer Ladung schräg zu den Feldlinien:



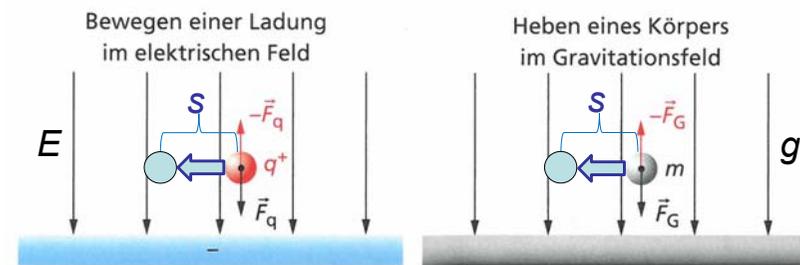
$$W = F_{\text{Hub}} s \cos \alpha \quad \vec{F}_{\text{Hub}} = -\vec{F}_q$$

$$F_{\text{Hub}} = Eq \quad W = qEs \cos \alpha$$



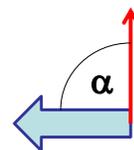
Energieumwandlung (Arbeit) im elektrischen Feld

Bewegung einer Ladung senkrecht zu den Feldlinien:



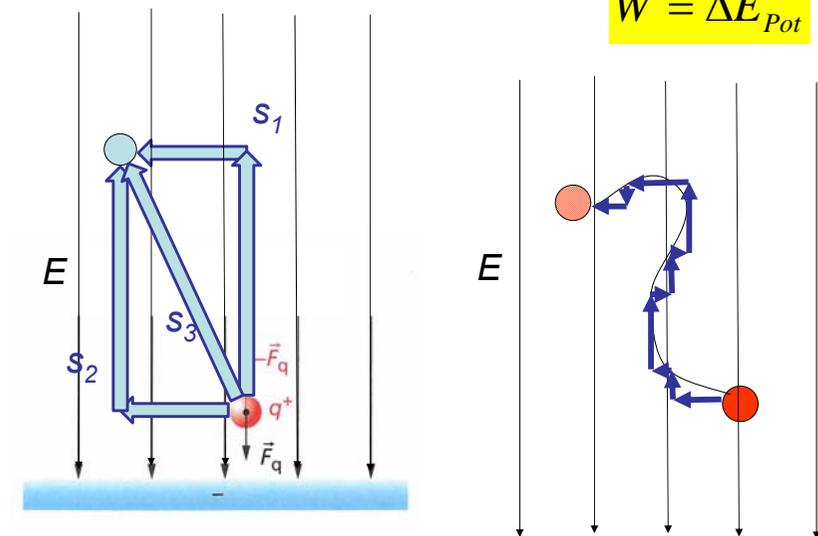
$$W = F_{\text{Hub}} s \cos \alpha = 0$$

$$\alpha = 90^\circ \quad \cos \alpha = 0$$



W ist unabhängig vom Weg!

$$W = \Delta E_{\text{Pot}}$$



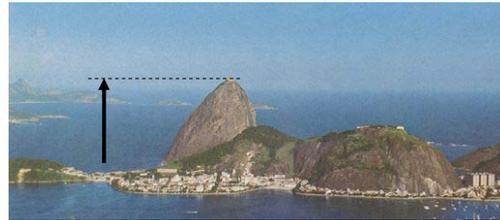
Elektrisches Potential

Man braucht $W_{0 \rightarrow i}$ Energie um eine q Probeladung aus einem P_0 Bezugspunkt zum Punkt P_i zu bringen.

$\frac{W_{0 \rightarrow i}}{q}$ ist unabhängig von der Probeladung und vom Weg!

Elektrisches Potential:
Einheit: Volt [V]

$$\varphi_i = \frac{W_{0 \rightarrow i}}{q} \quad 1\text{V} = \frac{1\text{J}}{1\text{C}}$$



Spannung

Elektrische Spannung zwischen zwei Punkten P_1 P_2
(Spannung des Punktes P_2 gegenüber P_1)

$$U_{21} = \frac{W_{1 \rightarrow 2}}{q} \quad \text{Einheit: Volt [V]}$$



Bemerkungen:

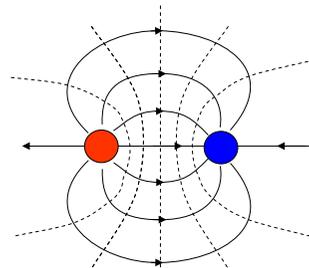
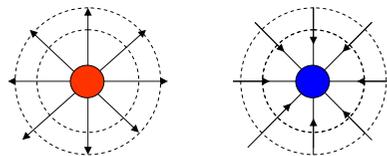
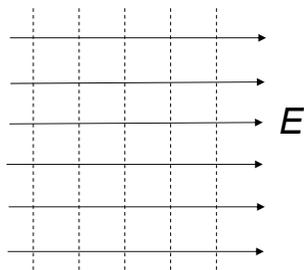
$$U_{21} = \varphi_2 - \varphi_1$$

Wenn $U_{21} > 0 \Rightarrow P_2$ ist „positiver“ als P_1

$$U_{21} = -U_{12}$$

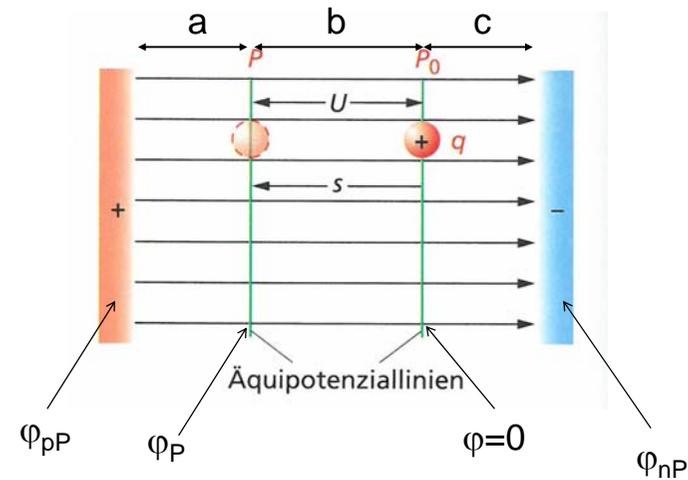
In homogenem Feld: $U_{21} = \frac{W_{1 \rightarrow 2}}{q} = \frac{q|\vec{E}|s}{q} = Es$

Äquipotentialflächen



Äquipotentialflächen verlaufen senkrecht zu den Feldlinien

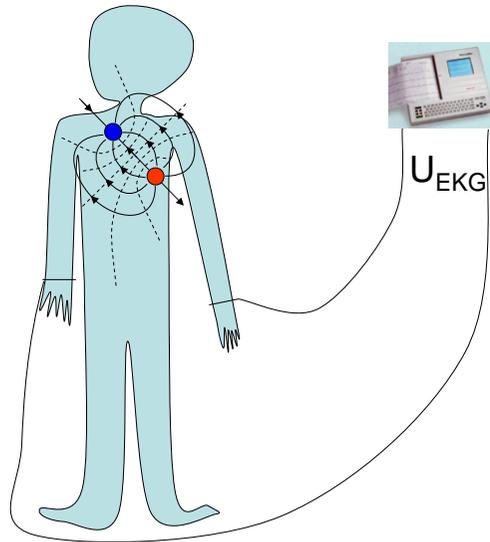
Bewegung an einer Äquipotentialfläche: keine Arbeit!



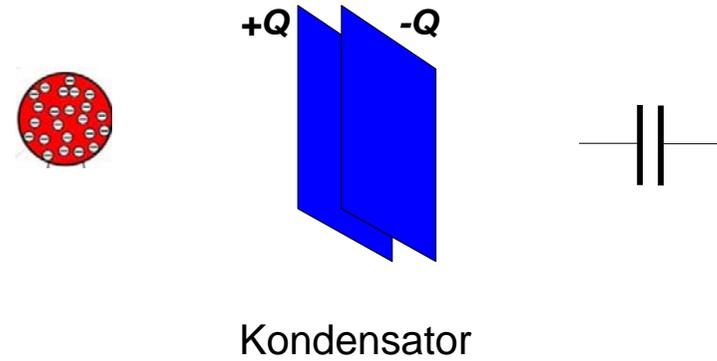
zB: $E = 140 \text{ N/C}$, $a = 2 \text{ cm}$, $b = 3 \text{ cm}$, $c = 2 \text{ cm}$

$\varphi_{pP} = ?$ $\varphi_P = ?$ $\varphi_{nP} = ?$

Medizinische Anwendung: EKG



Ladungsspeicherung



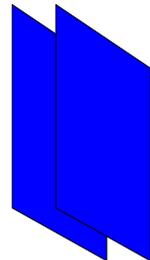
Kapazität des Kondensators

$Q = C U$ Ladungsspeicherungsfähigkeit

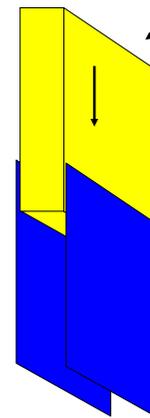
$C = \frac{Q}{U}$ Einheit: Farad, F $1\text{F} = \frac{1\text{C}}{1\text{V}}$

Für Plattenkondensator gilt:

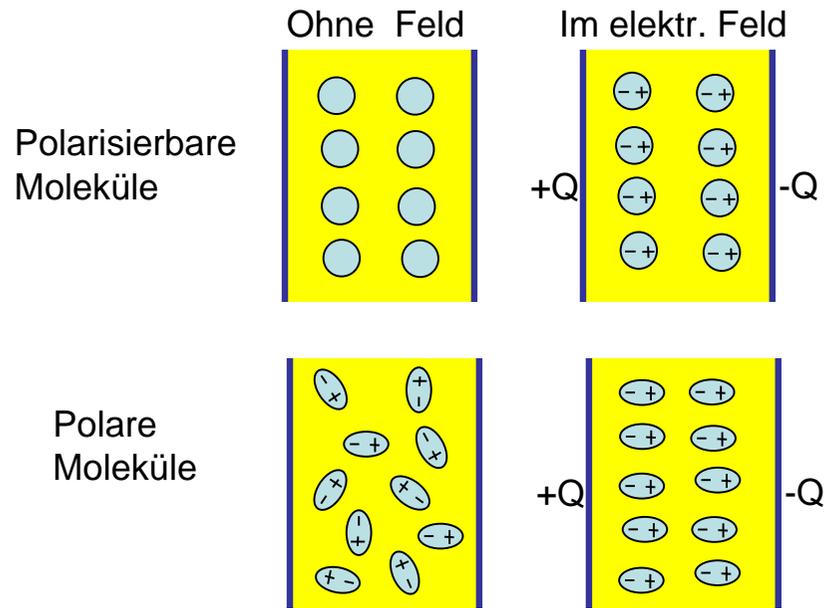
$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$



Dielektrikum zwischen
Kondensatorplatten



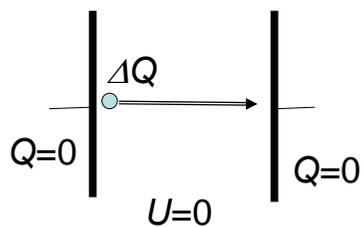
$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$



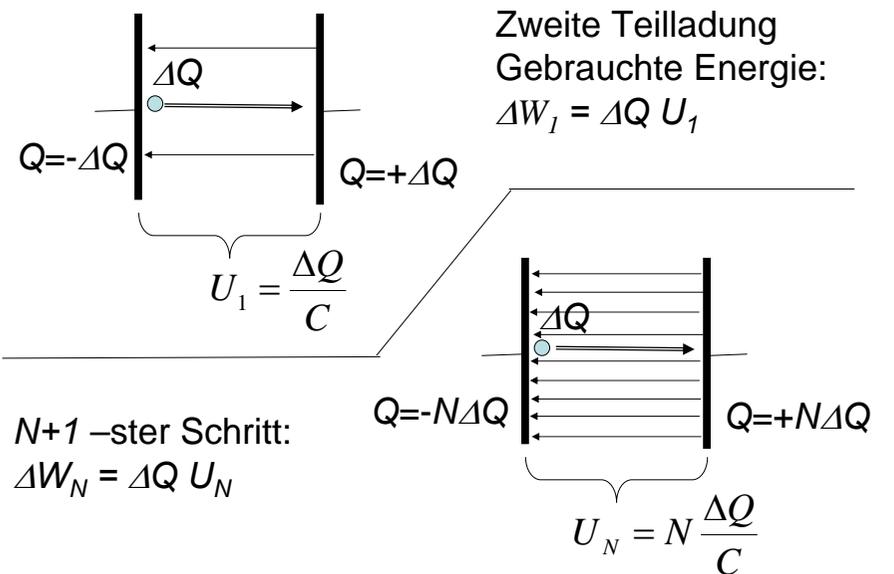
Energiespeicherung im Kondensator

Welche Energie ist nötig um einen Kondensator mit Q Ladung an U Spannung aufzuladen?

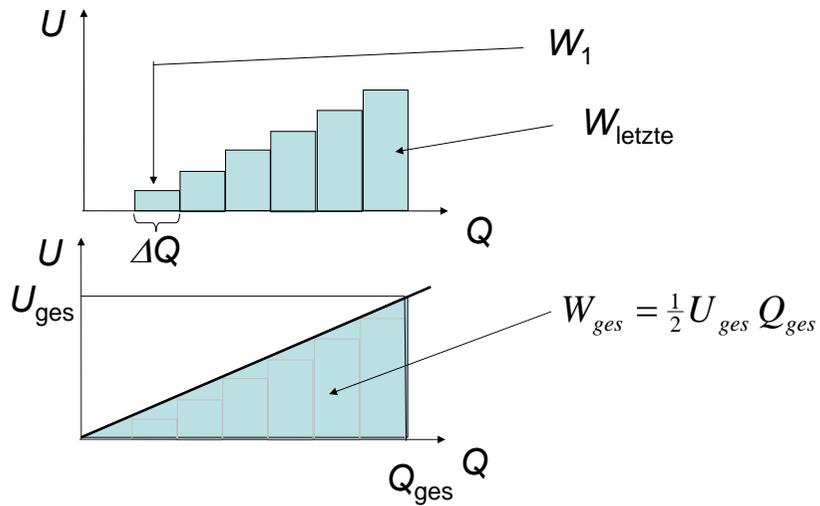
Aufladung in kleinen Schritten:
 ΔQ Teilladung wird von einer Platte zur anderen Platte gebracht



Erste Teilladung:
 Ohne Energie!
 Kein Feld!



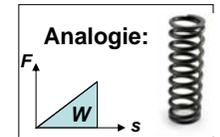
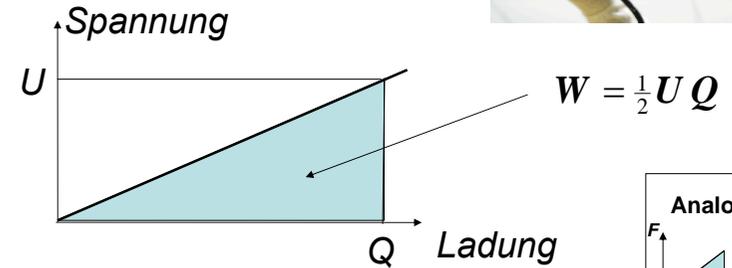
Graphische Darstellung der Aufladungsenergie



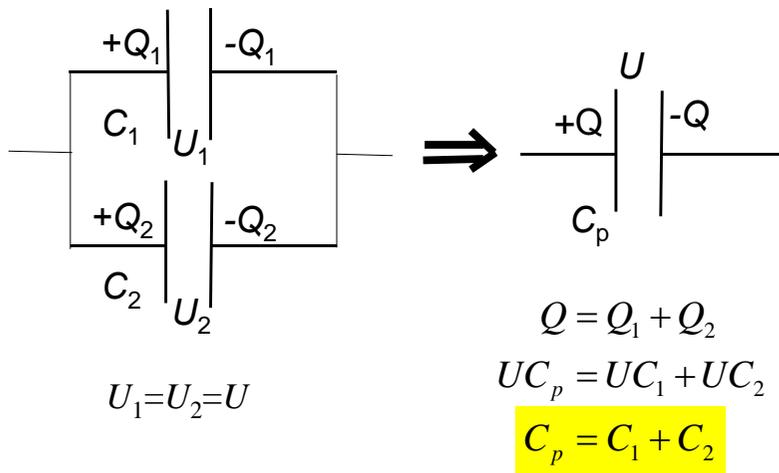
Die in dem Kondensator gespeicherte Energie:

$$W = \frac{1}{2} U Q = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

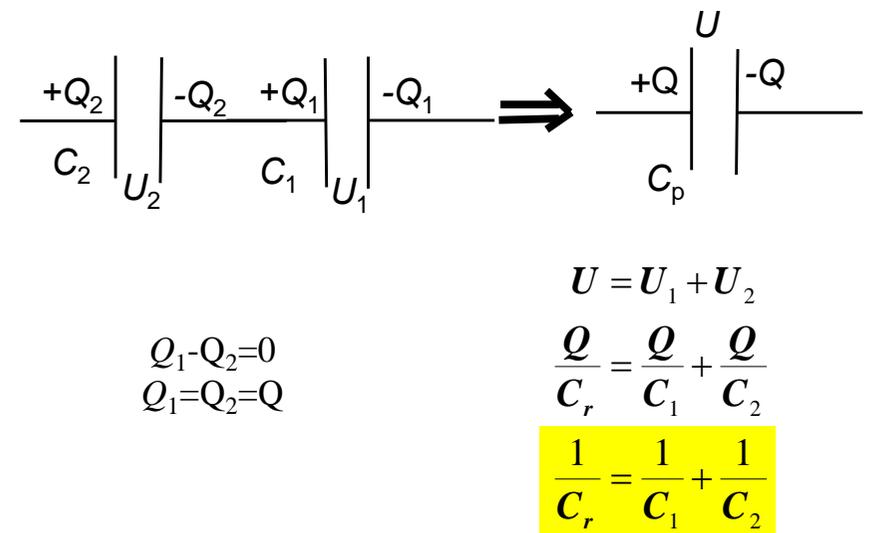
$(Q=UC)$



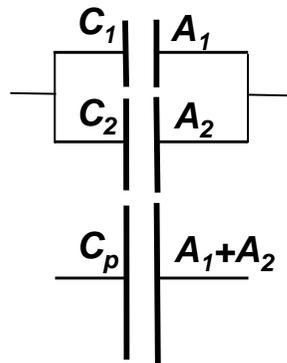
Parallelschaltung von Kondensatoren:



Reihenschaltung von Kondensatoren:

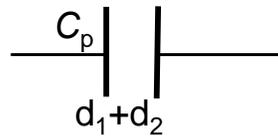
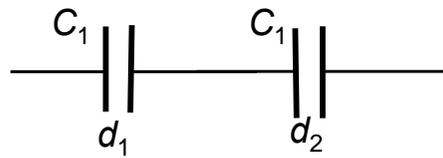


Parallel und Reihenschaltung von Kondensatoren:



$C \sim A$

$$C_p = C_1 + C_2$$



$C \sim 1/d$ $d \sim 1/C$

$$\frac{1}{C_r} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Parallel- und Reihenschaltung von mehreren Kondensatoren:

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

$$\frac{1}{C_r} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$



Elektrischer Strom

Elektrischer Strom

Strom = Bewegung der Ladungen

Strom im Vakuum

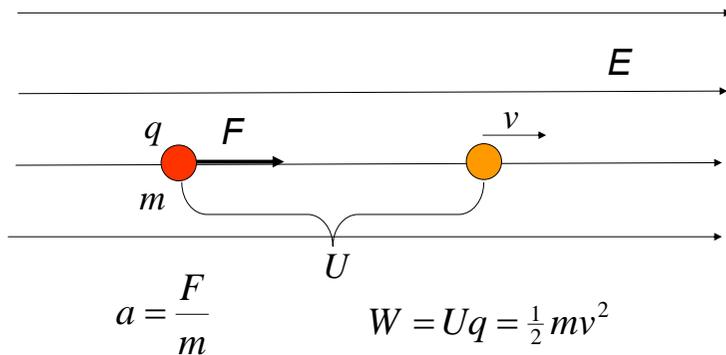
Strom im Gas

Strom in Flüssigkeit (Lösung)

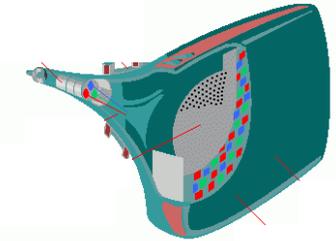
Strom im Festkörper

Strom im Vakuum:

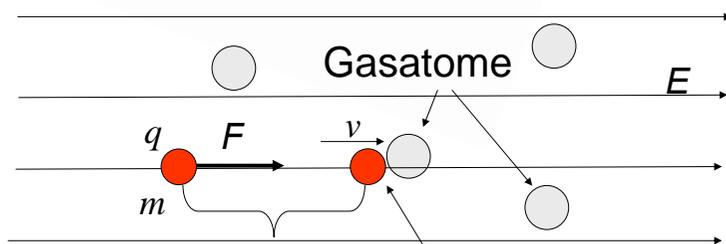
Freie Ladungsträger werden im elektrischen Feld beschleunigt :



Elektrische Energie => mechanische Energie



Strom im Gas
Ladungsträger: Ionen und Elektronen



Freier Weg
(Beschleunigung)

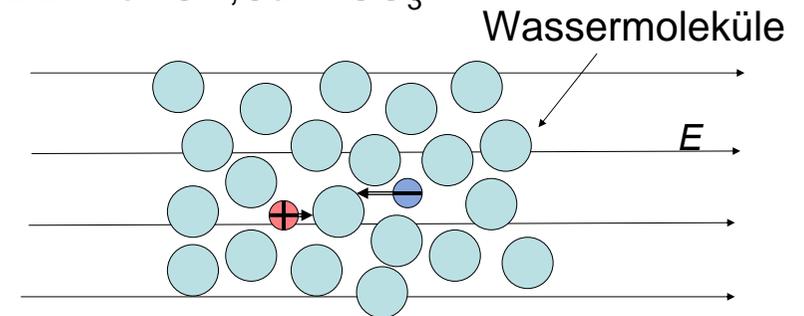
Elastischer
Zusammenstoß

Abbremsung, Energieübergabe
=> Wärme, Licht

T~ durchschnittliche kin. E

Strom in Lösungen

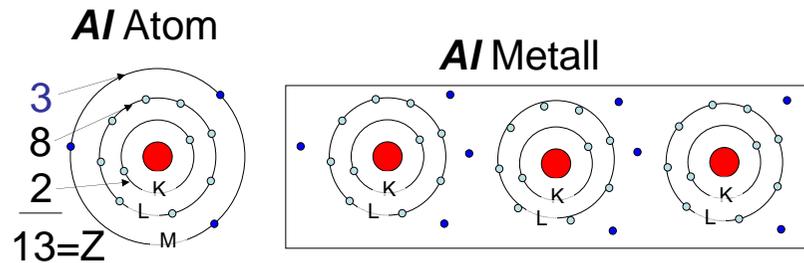
Elektrolyt: Ionen + und -
z.B. Na^+ Cl^- ; Ca^{2+} CO_3^{2-}



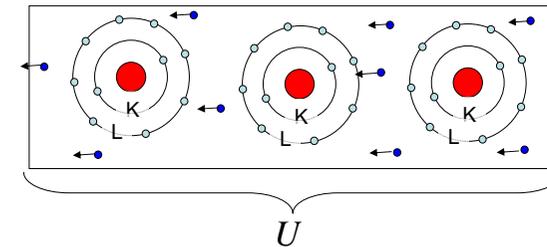
Elektrische Energie => Wärme
+chemische Energie

Strom in Metalle

Metall: Feste Atomkerne mit geschlossenen Elektronenhüllen
Die Elektronen der äußere Hüllen bewegen sich frei. (Sie sind „kollektive“ Elektronen)



Strom in Metalle:
Wanderung der Elektronen.



Zusammenstoß mit der Atome =>
=> Wärme
Elektrische Energie => Wärmeenergie

Bemerkung: Wärmebewegung (km/s)
Strombewegung (mm/s)
(Driftgeschwindigkeit)

Analogie: Warenhaus



Elektrische Stromstärke

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Durch einen
Leiterquerschnitt
während Δt Zeit
durchgeflossene
Ladung

Einheit: Ampere (A)
 $1A = 1C/1s$

Konventionelle Stromrichtung: Bewegungs-
richtung der positive Ladungen.

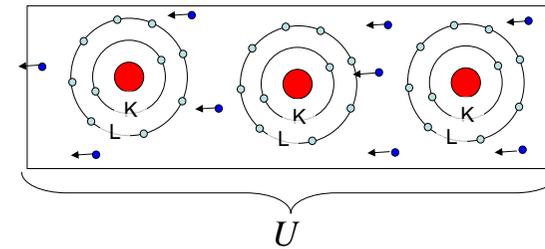
Wirkungen des Stromes

- Wärmewirkung
- Chemische Wirkung
- Magnetische Wirkung

- (Biologische Wirkung)
- (Lichtwirkung)



Strom in Metalle: Wanderung der Elektronen.



Zusammenstoß mit der Atome =>
=> Wärme
Elektrische Energie => Wärmeenergie

Bei Metallen gilt ein Zusammenhang
zwischen der Spannung und Stromstärke:

$$I \sim U$$

d.h. U/I ist konstant. Diese Konstante wird
als **Widerstand** bezeichnet:

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{Einheit : Ohm } \Omega = \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

↑
Ohmsches Gesetz

Spannung und Stromstärke

